

# System recovering heat and generating electricity from sludge recirculates charge with steel balls in screw conveyors equipped for drying, oxidation and heat exchange

**Publication number:** FR2810312 (A1)

**Publication date:** 2001-12-21

**Inventor(s):** SENNESAEL ETIENNE

**Applicant(s):** SENNESAEL ETIENNE [FR]

**Classification:**

**- International:** C02F11/06; F26B3/20; F26B17/20; F26B23/02; F26B23/10; C02F11/12; C02F11/06; F26B3/00; F26B17/00; F26B23/00; C02F11/12; (IPC1-7): C02F11/18; B09B3/00; C02F1/72; C02F11/06; C02F11/12; F26B3/02; F26B17/20

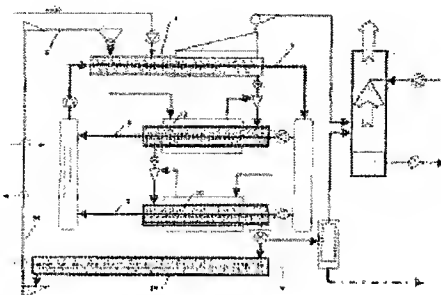
**- European:** C02F11/06; F26B3/20B; F26B17/20B; F26B23/02D; F26B23/10

**Application number:** FR20000007819 20000616

**Priority number(s):** FR20000007819 20000616

## Abstract of FR 2810312 (A1)

The system is charged with sludge and steel alloy balls (6), sized for recirculation under 200-400 deg C. A thermal fluid loop is pumped in under 150-300 deg C. This transfers and controls the thermal flux required by associated systems. Hot dried sludge is subjected to oxidation in air preheated to 180-300 deg C. Heat evolved from oxidation is recycled to heat the recirculating charge and thermal fluid. The organic material is at 250 deg C-300 deg C before oxidation. Air is injected into the system at 2-6 bar. The charge, comprising the steel balls and sludge, is transferred by screw conveyor. Heat exchange takes place into the shaft and flights of the screw. At the same time, friction is exerted on the charge by the rotating screw spirals. Heat is recovered by conduction and convection from the jacket (26) surrounding the oxidation reactor (20), into cold, pressurized air (25). This preheats the air, before it is injected into the reactor. A co-generation system receives heat from the heat exchanger in the thermal fluid circuit, and from a circulating charge cooler. The system produces steam under pressure, exploited in rotary machinery generating electricity. Further preferred details of the plant and its variants are provided. An Independent claim is included for the corresponding plant.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication : **2 810 312**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **00 07819**

⑤1 Int Cl<sup>7</sup> : C 02 F 11/18, C 02 F 11/12, 11/06, 1/72, B 09 B 3/00,  
F 26 B 3/02, 17/20

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 Date de dépôt : 16.06.00.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 21.12.01 Bulletin 01/51.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été  
établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : SENNESAEL ETIENNE — FR.

⑦2 Inventeur(s) : SENNESAEL ETIENNE.

⑦3 Titulaire(s) :

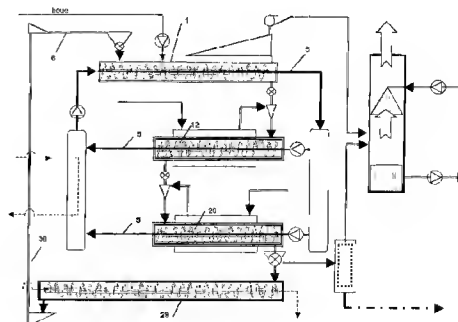
⑦4 Mandataire(s) :

⑤4 **PROCEDE ET DISPOSITIF DE VALORISATION THERMIQUE DES BOUES ISSUES DU TRAITEMENT DES  
EAUX USEES.**

⑤7 La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour la valorisation thermique des boues issues du traitement des eaux usées par lesquels il est effectué une oxydation des matières organiques contenues dans la dite boue, cette oxydation étant effectuée au moyen d'air chaud sur une matière organique chaude disséminée dans une charge circulante de corps métalliques 6, la boue brute étant préalablement séchée dans un sécheur à vis creuse 1, la réaction d'oxydation étant opérée dans les réacteurs à vis creuse 12 et 20 avec circulation de fluide caloporteur 5, le bouclage de la charge circulante 6 étant effectuée par un élévateur 30.

Une cogénération par production de vapeur sous pression est effectuée dans un échangeur 29 ainsi qu'en plusieurs points des circuits chauds.

Le procédé et le dispositif selon l'invention sont particulièrement destinés à la valorisation thermique des boues issues du traitement des eaux usées et ainsi permettre leur réduction massique et volumique aux fins d'élimination.



FR 2 810 312 - A1



La présente invention concerne un procédé de valorisation thermique des boues issues du traitement des eaux usées et dispositif pour sa mise en œuvre.

- 5 Il est bien connu que depuis quelques années les boues issues du traitement d'épuration des eaux usées sont l'objet d'un regain d'études et recherches aux fins de définir leur élimination au meilleur coût tout en intégrant les principes de précaution relatifs aux dangers sanitaires et toxiques inhérents.

- 10 L'exutoire facile de la mise en décharge sera fermé en 2002, tout au moins pour les pays de la communauté européenne.

L'évacuation de ces boues vers l'épandage agricole est sujet à polémiques, les principaux arguments opposables à cette pratique étant l'inconnue du seuil de saturation phytotoxique et écotoxique ainsi que la durée de survie en place des organismes pathogènes s'immiscant ainsi dans la chaîne alimentaire.

- 15 Le transfert de ces boues vers les moyens actuels d'incinération des ordures ménagères nécessite un conditionnement préalable générateur de coûts répercutés sur le prix de l'eau distribuée, un facteur économique important étant le transport des dites boues vers les moyens d'élimination.

- 20 Parmi les solutions rationnelles, la combustion sur site présente des avantages certains pour autant qu'un procédé efficace puisse se substituer aux incinérateurs tels que conçus actuellement pour les déchets solides.

La situation est encore plus problématique pour les petites stations d'épuration dont le débit de boue ne permet pas d'amortir et exploiter des systèmes individuels d'incinération.

- 25 Quelques réalisations spécifiques au traitement sur site de ces boues sont en cours d'expérimentation, il faut citer en particulier un procédé en lit de sable vertical fluidisé issu de la technologie du recyclage des sables de fonderie, plusieurs procédés d'oxydation en phase aqueuse par injection d'oxygène sous pression, et une multitude de procédés et systèmes mettant en œuvre des  
30 sécheurs statiques ou rotatifs, avec ou sans récupération d'énergie.

Tous les procédés mettant en œuvre un séchage préalable des dites boues sont confrontés à un phénomène de collage qui survient lorsque le taux de siccité atteint environ 50 %, ce collage provoque des colmatages qui entraînent des arrêts d'exploitation avec bris de matériel.

- 2 -

Ce phénomène de collage est lié à la présence de phosphates dont l'origine se situe dans les détergents et les matières fécales, voire les engrais récupérés en eaux usées lors des orages.

5 Les boues contiennent également des oxydes de calcium, des oxydes de fer, des oxydes d'aluminium, des oxydes de silicium, dont les propriétés conjuguées entre elles et le phosphate génèrent une pâte onctueuse et collante. A la fin du séchage, cette pâte durcit et reste attachée en couches successives sur les surfaces chauffantes, d'où les difficultés d'exploitation.

10 Il est également pratiqué la déshydratation des boues par chaulage mais cette méthode présente l'inconvénient d'augmenter les masses et volumes à évacuer, ce qui ne résout pas le problème.

Pour obtenir une combustion optimale des boues, la phase de séchage est incontournable, il est donc important de l'améliorer en utilisant un système qui  
15 contrarie le phénomène de collage.

Pour parvenir au séchage des boues il est nécessaire de disposer de suffisamment de chaleur pour dépasser le seuil d'énergie latente de vaporisation de l'eau constituant la plus grande partie des dites boues, aussi est-il également important d'exploiter les propriétés combustibles des matières organiques  
20 contenues dans les dites boues.

Un autre handicap des systèmes actuels de combustion des boues est la formation d'un mâchefer résiduel issu de la fusion des matières minérales.

Le procédé et le dispositif selon la présente invention sont conçus pour échapper  
25 aux difficultés ci-avant et apporter un nouvel outil aux besoins d'élimination et valorisation thermique des boues issues du traitement des eaux usées tout en cogénérant une énergie auto-consommable ou exportable.

Le procédé et le dispositif selon la présente invention sont également  
30 transposables vers l'élimination et la valorisation énergétique de tout effluent liquide ou pâteux contenant des matières organiques dont l'oxydation génère une réaction exothermique contrôlable.

- 3 -

- Selon la présente invention, le procédé est caractérisé par une combinaison de systèmes par lesquels il est obtenu un séchage total de la boue permettant sa réduction tant en masse qu'en volume par oxydation de la partie organique dont la
- 5 réaction exothermique fournit la chaleur de dissociation nécessaire au séchage, la combinaison comprenant un système de charge circulante associé à un système de transport par vis d'Archimède associé à un système de fluide caloporteur et un système de réaction oxydante exothermique intégré dans le dit système de transport par vis d'Archimède, ainsi qu'un système de cogénération
- 10 d'énergie, tel que ci après détaillé :
- a) un système à charge circulante constitué de corps métalliques en acier allié de forme sphérique et de dimensions compatibles avec le système de transport, la charge étant maintenue à une température variable entre 200 °C et 400 °C et circulant en boucle sans fin.
  - 15 b) un système de fluide caloporteur en circulation forcée configuré en boucle sans fin et maintenu à une température variable entre 150 °C et 300 °C , système par lequel est transmis et régulé le flux thermique nécessaire aux systèmes associés,
  - c) un système de réaction oxydante et exothermique par combinaison de
  - 20 l'oxygène contenu dans un flux d'air chaud avec la matière organique chaude de la boue sèche, la dite boue se trouvant disséminée dans la charge circulante, la chaleur issue de la réaction exothermique étant utilisée pour chauffer la charge circulante et le fluide caloporteur ainsi que l'air destiné à la réaction oxydante, la température de l'air chaud étant comprise entre 180 °C et
  - 25 300 °C, la température de la matière organique étant comprise entre 250 °C et 300 °C avant la réaction d'oxydation, l'air étant préalablement injecté dans le système sous forme comprimée à une pression comprise entre 2 et 6 bar,
  - d) un système de transport dit à vis d'Archimède, le dit système de transport étant également un système d'échange thermique par circulation forcée d'un fluide
  - 30 caloporteur à l'intérieur du corps axial et des spires de la dite vis, le transport de la charge circulante étant provoqué par la rotation de la vis, le mélange charge et boue étant obtenu par frottement et rotation des corps métalliques entre eux et frottement sur les spires de la vis.

- 4 -

- e) un système de récupération de chaleur par conduction et convection en double enveloppe autour des réacteurs du système de réaction oxydante exothermique, la dite double enveloppe recevant l'air froid sous pression pour  
5 chauffer cet air avant injection dans le réacteur,
- f) un système de cogénération d'énergie par échangeur thermique sur le circuit du fluide caloporteur et sur le refroidisseur de la charge circulante, le dit système générant de la vapeur sous pression utilisable en machine tournante en vue de produire une énergie électrique.

10

Selon une variante du procédé, il pourra être effectué le séchage et la réduction volumique et massique de tout effluent liquide aqueux chargé en matières minérales par addition d'une matière organique oxydable, avantageusement cette  
15 matière d'addition sera de la sciure de bois ou du charbon de bois, ou de la poudrette issue de l'industrie du pneumatique, ou tout autre matière organique miscible en milieu aqueux.

Le procédé selon l'invention sera mieux compris en référence à la figure 1 par laquelle est schématisé un dispositif par combinaison de moyens connus  
20 permettant sa mise en œuvre.

Il est représenté en 1 le sécheur comprenant une ou plusieurs vis d'Archimède 2 montée(s) dans une auge 3 avec un dôme vapeur 4. L'intérieur de la vis 2 est traversé par un fluide caloporteur 5, la charge circulante de corps métalliques 6  
25 est introduite dans le sécheur par un extracteur-doseur 7, la boue est introduite dans le sécheur par une pompe 8, la vapeur d'eau issue du séchage est aspirée par un extracteur 9 et dirigée vers un condenseur-laveur 10, la charge circulante et la boue séchée sont dirigés vers le réacteur 12 au moyen d'un extracteur 11 équipé en anti-retour.

30 Avantageusement pour une bonne performance du procédé, le coefficient de remplissage du sécheur sera compris entre 50 et 75 %, le rapport volume boue brute sur charge circulante à l'entrée du sécheur sera de 1 sur 1.

- 5 -

Avantageusement pour une bonne performance du procédé, la boue brute sera préalablement filtrée ou centrifugée jusqu'à obtenir un taux de siccité compris entre 25 et 35 %.

- 5   Avantageusement pour une bonne performance du procédé, les corps métalliques de la charge circulante 6 seront des billes en acier réfractaire de diamètre compris entre 8 mm et 12 mm.

Il est représenté en 12 le réacteur primaire comprenant une vis d'Archimède 13 montée dans une enceinte tubulaire étanche 14, l'intérieur de la vis 13 est traversé  
10 par le fluide caloporteur 5, la charge circulante de corps métalliques 6 et la boue séchée en provenance du sécheur 1 sont introduits dans le dit réacteur au moyen de l'extracteur 11 qui alimente une chambre de dosage 15, laquelle chambre est alimentée en air chaud comprimé 16 à la température d'environ 200 °C, lequel air chaud est obtenu par chauffage d'un air comprimé froid 17 au moyen de la double  
15 enveloppe 18, le réglage du débit d'air chaud étant effectué pour obtenir l'oxydation d'environ 20 % de la matière organique de la boue, laquelle oxydation génère une réaction exothermique suffisante pour élever la température du mélange charge circulante et boue sèche jusqu'à environ 300 °C, laquelle température de 300 °C permet le craquage partiel de la matière organique avec  
20 formation de gaz combustibles, la charge circulante et les particules solides issues du craquage de la boue ainsi que le flux gazeux primaire en résultant sont dirigés vers le réacteur secondaire 20 au moyen d'un extracteur 19 équipé en anti-retour. Avantageusement pour une bonne performance du procédé, le coefficient de remplissage du réacteur 12 sera compris entre 85 et 95 % calculé sur le volume  
25 réel interne du dit réacteur.

Avantageusement pour une bonne performance du procédé, l'air froid comprimé 17 sera injecté à une pression comprise entre 2 et 6 bar.

Il est représenté en 20 le réacteur secondaire comprenant une vis d'Archimède 21  
30 montée dans une enceinte tubulaire étanche 22, l'intérieur de la vis 21 est traversé par le fluide caloporteur 5, la charge circulante et les particules solides ainsi que le flux gazeux primaire en provenance du réacteur 12 sont introduits dans le réacteur 20 au moyen de l'extracteur 19 qui alimente une chambre de dosage 23, laquelle

- 6 -

chambre est alimentée en air chaud comprimé 24 à la température d'environ 300 °C, lequel air chaud est obtenu par chauffage d'un air comprimé froid 25 au moyen de la double enveloppe 26, le réglage du débit d'air chaud étant effectué pour  
5 obtenir l'oxydation stœchiométrique des particules organiques solides et des gaz combustibles, la réaction exothermique en résultant étant contrôlée et régulée pour ne pas dépasser une température de 450 °C mesurée à mi longueur du dit réacteur, laquelle réaction exothermique apporte la chaleur suffisante pour le chauffage des corps métalliques de la charge circulante et du fluide caloporteur  
10 aux fins d'obtenir le séchage de la boue entrante par évaporation de son eau libre et de son eau liée dans le sécheur 1.

Avantageusement pour une bonne performance du procédé, le coefficient de remplissage du réacteur 20 sera compris entre 85 et 95 % calculé sur le volume réel interne du dit réacteur.

15 Avantageusement pour une bonne performance du procédé, l'air froid comprimé 25 sera injecté à une pression comprise entre 2 et 6 bar.

A l'issue de la phase d'oxydation stœchiométrique, la charge circulante de corps métalliques et les particules solides résiduelles ainsi que les composés gazeux en résultant sont séparés au moyen d'un séparateur 27, le flux gazeux chargé des  
20 particules solides est dirigé vers un filtre à manche 28, les corps métalliques de la charge circulante sont dirigés vers un échangeur à vis creuse 29 pour céder une partie de leur chaleur au système de cogénération, la température des corps métalliques en sortie de l'échangeur 29 étant comprise entre 200 et 250 °C, les dits corps métalliques étant repris par un élévateur 30 et dirigés vers le sécheur 1  
25 pour un nouveau cycle.

Après filtration en 28, les gaz sont dirigés vers le condenseur-laveur 10 et les particules solides résiduelles sont récupérées en 31 pour valorisation vers l'industrie des matériaux de construction.

La cogénération est obtenue par production de vapeur sous pression au moyen  
30 des circuits d'échange thermiques 32 et 33, une récupération thermique complémentaire pouvant être effectuée sur l'exhaure séchage 34 et l'exhaure gaz chauds 35.



- 7 -

L'adaptation aux besoins des petites stations d'épuration d'eaux usées étant réalisé par construction de l'ensemble ou d'une partie de l'ensemble des systèmes du procédé sur une plate-forme mobile et tractable du type remorque routière.

5

L'amorçage du procédé est obtenu par injection dans la chambre 15 d'un combustible solide en poudre préchauffé à la température de 300 °C, avantageusement pour la sécurité de la manipulation ce combustible sera du charbon de bois, l'oxydation étant démarrée à froid sous pression réduite de 100 mbar avec montée progressive en régime jusqu'à l'équilibre thermique des différents systèmes, l'introduction de la boue en 8 n'intervenant qu'à l'issue de cet équilibre.

10

Selon une variante du dispositif, la vis d'Archimède creuse est remplacée par une vis dite à filet ruban sans âme, auquel cas le fluide caloporteur sera chauffé au moyen d'une double enveloppe primaire montée autour du réacteur et l'air comprimé sera chauffé par une double enveloppe secondaire montée autour de la double enveloppe primaire.

15

Selon une autre variante du dispositif, l'air comprimé est remplacé par de l'oxygène gazeux.

20

Selon une autre variante du dispositif, les corps métalliques constituant la charge circulante pourront être remplacés par des corps minéraux du type céramique ou autres oxydes réfractaires.

25

L'ensemble du dispositif est dimensionné, construit, mécanisé, calorifugé, instrumenté, automatisé et sécurisé par les moyens industriels ordinaires et/ou spécialisés des domaines du génie mécanique et du génie thermique associés au génie chimique, le tout à la portée de l'homme de l'art.

30

## REVENDECATIONS

5 Revendication n° 1 :

Procédé caractérisé par une combinaison de systèmes par lesquels il est obtenu un séchage total de la boue permettant sa réduction tant en masse qu'en volume par oxydation de la partie organique dont la réaction exothermique fournit la chaleur de dissociation nécessaire au séchage,

10 la combinaison comprenant un système de charge circulante associé à un système de transport par vis d'Archimède associé à un système de fluide caloporteur et un système de réaction oxydante exothermique intégré dans le dit système de transport par vis d'Archimède, ainsi qu'un système de cogénération d'énergie, tel que ci après détaillé :

15 a) un système à charge circulante constitué de corps métalliques en acier allié de forme sphérique et de dimensions compatibles avec le système de transport, la charge étant maintenue à une température variable entre 200 °C et 400 °C et circulant en boucle sans fin.

20 b) un système de fluide caloporteur en circulation forcée configuré en boucle sans fin et maintenu à une température variable entre 150 °C et 300 °C , système par lequel est transmis et régulé le flux thermique nécessaire aux systèmes associés,

25 c) un système de réaction oxydante et exothermique par combinaison de l'oxygène contenu dans un flux d'air chaud avec la matière organique chaude de la boue sèche, la dite boue se trouvant disséminée dans la charge circulante, la chaleur issue de la réaction exothermique étant utilisée pour chauffer la charge circulante et le fluide caloporteur ainsi que l'air destiné à la réaction oxydante, la température de l'air chaud étant comprise entre 180 °C et 300 °C, la température de la matière organique étant comprise entre 250 °C et 300 °C avant la réaction d'oxydation, l'air étant préalablement injecté dans le 30 système sous forme comprimée à une pression comprise entre 2 et 6 bar,

d) un système de transport dit à vis d'Archimède, le dit système de transport étant également un système d'échange thermique par circulation forcée d'un fluide caloporteur à l'intérieur du corps axial et des spires de la dite vis, le transport

- 9 -

de la charge circulante étant provoqué par la rotation de la vis, le mélange charge et boue étant obtenu par frottement et rotation des corps métalliques entre eux et frottement sur les spires de la vis.

- 5 e) un système de récupération de chaleur par conduction et convection en double enveloppe autour des réacteurs du système de réaction oxydante exothermique, la dite double enveloppe recevant l'air froid sous pression pour chauffer cet air avant injection dans le réacteur,
- f) un système de cogénération d'énergie par échangeur thermique sur le circuit  
10 du fluide caloporteur et sur le refroidisseur de la charge circulante, le dit système générant de la vapeur sous pression utilisable en machine tournante en vue de produire une énergie électrique.

#### Revendication n°2 :

Dispositif destiné à l'application du procédé selon la revendication n°1 caractérisé  
15 en ce qu'il est constitué :

d'un sécheur 1 comprenant une ou plusieurs vis d'Archimède 2 montée(s) dans une auge 3 avec un dôme vapeur 4. L'intérieur de la vis 2 est traversé par un fluide caloporteur 5, la charge circulante de corps métalliques 6 est introduite dans le sécheur par un extracteur-doseur 7, la boue est introduite dans le sécheur par  
20 une pompe 8, la vapeur d'eau issue du séchage est aspirée par un extracteur 9 et dirigée vers un condenseur-laveur 10, la charge circulante et la boue séchée sont dirigés vers le réacteur 12 au moyen d'un extracteur 11 équipé en anti-retour.

Avantageusement pour une bonne performance du procédé, le coefficient de remplissage du sécheur sera compris entre 50 et 75 %, le rapport volume boue  
25 brute sur charge circulante à l'entrée du sécheur sera de 1 sur 1.

Avantageusement pour une bonne performance du procédé, la boue brute sera préalablement filtrée ou centrifugée jusqu'à obtenir un taux de siccité compris entre 25 et 35 %.

Avantageusement pour une bonne performance du procédé, les corps métalliques  
30 de la charge circulante 6 seront des billes en acier réfractaire de diamètre compris entre 8 mm et 12 mm.

D'un réacteur primaire 12 comprenant une vis d'Archimède 13 montée dans une enceinte tubulaire étanche 14, l'intérieur de la vis 13 est traversé par le fluide caloporteur 5, la charge circulante de corps métalliques 6 et la boue séchée en

provenance du sécheur 1 sont introduits dans le dit réacteur au moyen de l'extracteur 11 qui alimente une chambre de dosage 15, laquelle chambre est alimentée en air chaud comprimé 16 à la température d'environ 200 °C, lequel air chaud est obtenu par chauffage d'un air comprimé froid 17 au moyen de la double enveloppe 18, le réglage du débit d'air chaud étant effectué pour obtenir l'oxydation d'environ 20 % de la matière organique de la boue, laquelle oxydation génère une réaction exothermique suffisante pour élever la température du mélange charge circulante et boue sèche jusqu'à environ 300 °C, laquelle température de 300 °C permet le craquage partiel de la matière organique avec formation de gaz combustibles, la charge circulante et les particules solides issues du craquage de la boue ainsi que le flux gazeux primaire en résultant sont dirigés vers le réacteur secondaire 20 au moyen d'un extracteur 19 équipé en anti-retour. Avantageusement pour une bonne performance du procédé, le coefficient de remplissage du réacteur 12 sera compris entre 85 et 95 % calculé sur le volume réel interne du dit réacteur.

Avantageusement pour une bonne performance du procédé, l'air froid comprimé 17 sera injecté à une pression comprise entre 2 et 6 bar.

D'un réacteur secondaire 20 comprenant une vis d'Archimède 21 montée dans une enceinte tubulaire étanche 22, l'intérieur de la vis 21 est traversé par le fluide caloporteur 5, la charge circulante et les particules solides ainsi que le flux gazeux primaire en provenance du réacteur 12 sont introduits dans le réacteur 20 au moyen de l'extracteur 19 qui alimente une chambre de dosage 23, laquelle chambre est alimentée en air chaud comprimé 24 à la température d'environ 300 °C, lequel air chaud est obtenu par chauffage d'un air comprimé froid 25 au moyen de la double enveloppe 26, le réglage du débit d'air chaud étant effectué pour obtenir l'oxydation stœchiométrique des particules organiques solides et des gaz combustibles, la réaction exothermique en résultant étant contrôlée et régulée pour ne pas dépasser une température de 450 °C mesurée à mi longueur du dit réacteur, laquelle réaction exothermique apporte la chaleur suffisante pour le chauffage des corps métalliques de la charge circulante et du fluide caloporteur aux fins d'obtenir le séchage de la boue entrante par évaporation de son eau libre et de son eau liée dans le sécheur 1.

- 11 -

Avantageusement pour une bonne performance du procédé, le coefficient de remplissage du réacteur 20 sera compris entre 85 et 95 % calculé sur le volume réel interne du dit réacteur.

- 5 Avantageusement pour une bonne performance du procédé, l'air froid comprimé 25 sera injecté à une pression comprise entre 2 et 6 bar.
- D'un séparateur 27 par lequel à l'issue de la phase d'oxydation stœchiométrique, la charge circulante de corps métalliques et les particules solides résiduelles ainsi que les composés gazeux en résultant sont séparés, le flux gazeux chargé des
- 10 particules solides est dirigé vers un filtre à manche 28, les corps métalliques de la charge circulante sont dirigés vers un échangeur à vis creuse 29 pour céder une partie de leur chaleur au système de cogénération, la température des corps métalliques en sortie de l'échangeur 29 étant comprise entre 200 et 250 °C, les dits corps métalliques étant repris par un élévateur 30 et dirigés vers le sécheur 1
- 15 pour un nouveau cycle.

Revendication n° 3 :

- Procédé en variante selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il est effectué le séchage et la réduction volumique et massique de tout effluent liquide aqueux
- 20 chargé en matières minérales par addition d'une matière organique oxydable, avantageusement cette matière d'addition sera de la sciure de bois ou du charbon de bois, ou de la poudrette issue de l'industrie du pneumatique, ou tout autre matière organique miscible en milieu aqueux.

25 Revendication n° 4 :

- Dispositif selon les revendications n° 1 à 3 par lequel la vis d'Archimède creuse est remplacée par une vis dite à filet ruban sans âme, auquel cas le fluide caloporteur sera chauffé au moyen d'une double enveloppe primaire montée autour du réacteur et l'air comprimé sera chauffé par une double enveloppe
- 30 secondaire montée autour de la double enveloppe primaire.
- l'air comprimé est remplacé par de l'oxygène gazeux.
- les corps métalliques constituant la charge circulante pourront être remplacés par des corps minéraux du type céramique ou autres oxydes réfractaires.

1/1

PL 1 / 1

figure 1

